

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-220073

(43)Date of publication of application : 10.08.1999

(51)Int.CI. H01L 23/14
H01L 23/373

(21)Application number : 10-018393 (71)Applicant : DENKI KAGAKU KOGYO KK

(22)Date of filing : 30.01.1998 (72)Inventor : TSUJIMURA YOSHIHIKO
FUSHII YASUTO
NAKAMURA YOSHIYUKI

(54) CIRCUIT SUBSTRATE WITH HEAT SINK

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce assembly labor, and to improve reliability for a heat cycle, by setting a circuit, a cooling plate, a base plate, and a heat sink to a specific metal, and by jointing the radiation plate to the base plate or the heat sink via a junction layer with a specific alloy layer.

SOLUTION: A circuit is mounted onto one surface of a ceramics substrate, and a heat sink is mounted to the cooling plate of a circuit substrate where the cooling plate is formed on an opposite surface via a base plate or without the base plate. In this case, when electric conductivity and thermal conductivity are considered, copper or copper alloy is optimum as the material of the circuit, the cooling plate, the base plate, and the heat sink. When the durability for thermal stress is valued, aluminum or aluminum alloy and, furthermore, copper– third metal–aluminum cladding foil can be used. Also, the heat sink is jointed to the cooling plate of the circuit substrate or the base plate via a junction layer with an alloy layer containing Al and Ni constituents.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 29.10.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-220073

(43)公開日 平成11年(1999)8月10日

(51)Int.Cl.⁶

H 0 1 L 23/14
23/373

識別記号

F I

H 0 1 L 23/14
23/36

M
M

審査請求 未請求 前項の数6 OL (全 7 頁)

(21)出願番号

特願平10-18393

(22)出願日

平成10年(1998)1月30日

(71)出願人 000003296

電気化学工業株式会社

東京都千代田区有楽町1丁目4番1号

(72)発明者 辻村 好彦

福岡県大牟田市新開町1 電気化学工業株
式会社大牟田工場内

(72)発明者 伏井 康人

福岡県大牟田市新開町1 電気化学工業株
式会社大牟田工場内

(72)発明者 中村 美幸

福岡県大牟田市新開町1 電気化学工業株
式会社大牟田工場内

(54)【発明の名称】 ヒートシンク付き回路基板

(57)【要約】

【課題】パワーモジュール用電子回路部品として好適
な、放熱性と耐ヒートサイクル性に優れたヒートシンク
付き回路基板を提供すること。

【解決手段】セラミックス基板の一方の面に回路、反対
面に放熱板が形成されてなる回路基板の放熱板に、ペー
ス板を介して又は介さずにヒートシンクが取り付けられ
てなるものであって、上記ベース板又はヒートシンク
は、Al成分とNi成分を含む合金層の存在する接合層
を介して上記放熱板に接合されてなることを要旨とする
ヒートシンク付き回路基板。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 セラミックス基板の一方の面に回路、反対面に放熱板が形成されてなる回路基板の放熱板に、ベース板を介して又は介さずにヒートシンクが取り付けられてなるものであって、上記回路、放熱板、ベース板、ヒートシンクの材質が、銅、アルミニウム、銅合金、アルミニウム合金及び銅-第三金属-アルミニウムクラッド箔から選ばれたいずれかの金属であり、しかも放熱板とベース板、又は放熱板とヒートシンクとが、A I成分とN i成分を含む合金層の存在する接合層を介して接合されてなるものであることを特徴とするヒートシンク付き回路基板。

【請求項2】 回路、放熱板及び／又はベース板の材質が、ニッケルメッキの施された銅であることを特徴とする請求項1記載のヒートシンク付き回路基板。

【請求項3】 回路及び／又は放熱板が、A I成分とS i成分を含む合金層の存在する接合層を介してセラミックス基板に接合されていることを特徴とする請求項1記載のヒートシンク付き回路基板。

【請求項4】 回路及び／又は放熱板の材質が銅-ニッケル-アルミニウムクラッド箔であり、そのアルミニウム面が、A I成分とS i成分を含む合金層の存在する接合層を介してセラミックス基板に接合されていることを特徴とする請求項1記載のヒートシンク付き回路基板。

【請求項5】 ヒートシンクの材質が、アルミニウムであることを特徴とする請求項1～4記載のいずれかに記載のヒートシンク付き回路基板。

【請求項6】 セラミックス基板の材質が窒化アルミニウムであることを特徴とする請求項5記載のヒートシンク付き回路基板。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、パワーモジュール用電子回路部品、特にインテリジェントパワーモジュールに好適なヒートシンク付き回路基板に関する。

【0002】 近年、ロボットやモーター等の産業機器の高性能化にともない、大電力・高効率インバータ等大電力モジュールの変遷が進んでおり、半導体素子から発生する熱も増加の一途をたどっている。この熱を効率よく放散するため、大電力モジュールの回路基板では様々な方法がとられてきた。最近では、良好な熱伝導を有するセラミックス基板が利用できるようになったため、その基板上に銅板などの金属板を接合し回路を形成後、そのままあるいはメッキ等の処理をしてから半導体を実装し、またセラミックス基板の反対面には放熱銅板を接合し、更に放熱銅板には厚さ数mm程度の銅ベース板を半田付けしてからヒートシンクにねじ止めして使用されている。

【0003】 しかしながら、上記方法では回路基板の組立にかなりの労力を要するので、コスト高になるという

問題点があった。また、半導体素子の発熱とその冷却にともなうヒートサイクルによって、回路とセラミックス基板間、セラミックス基板と放熱銅板間、更には放熱銅板と銅ベース板間に熱膨張差による熱応力が発生し、各部品が剥がれたり、またヒートシンクにねじ止めする際に異物を挟み込み、応力集中が起こってセラミックス基板が割れたりし、パワーモジュールの信頼性を著しく低下させるという問題があった。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 本発明は、上記に鑑みてなされたものであり、回路基板の組立労力を低減し、しかもヒートサイクルに対する信頼性を向上させたヒートシンク付き回路基板を提供することを目的とするものである。

【0005】

【課題を解決するための手段】 すなわち、本発明は、以下を要旨とするものである。

(請求項1) セラミックス基板の一方の面に回路、反対面に放熱板が形成されてなる回路基板の放熱板に、ベース板を介して又は介さずにヒートシンクが取り付けられてなるものであって、上記回路、放熱板、ベース板、ヒートシンクの材質が、銅、アルミニウム、銅合金、アルミニウム合金及び銅-第三金属-アルミニウムクラッド箔から選ばれたいずれかの金属であり、しかも放熱板とベース板、又は放熱板とヒートシンクとが、A I成分とN i成分を含む合金層の存在する接合層を介して接合されてなるものであることを特徴とするヒートシンク付き回路基板。

(請求項2) 回路、放熱板及び／又はベース板の材質が、ニッケルメッキの施された銅であることを特徴とする請求項1記載のヒートシンク付き回路基板。

(請求項3) 回路及び／又は放熱板が、A I成分とS i成分を含む合金層の存在する接合層を介してセラミックス基板に接合されていることを特徴とする請求項1記載のヒートシンク付き回路基板。

(請求項4) 回路及び／又は放熱板の材質が銅-ニッケル-アルミニウムクラッド箔であり、そのアルミニウム面が、A I成分とS i成分を含む合金層の存在する接合層を介してセラミックス基板に接合されていることを特徴とする請求項1記載のヒートシンク付き回路基板。

(請求項5) ヒートシンクの材質が、アルミニウムであることを特徴とする請求項1～4記載のいずれかに記載のヒートシンク付き回路基板。

(請求項6) セラミックス基板の材質が窒化アルミニウムであることを特徴とする請求項5記載のヒートシンク付き回路基板。

【0006】

【発明の実施の形態】 以下、本発明を更に詳しく説明する。

【0007】 本発明に用いられるセラミックス基板の材

質は、窒化珪素、窒化アルミニウム、アルミナ等であるが、パワーモジュール用には窒化アルミニウムが適している。特に、熱伝導率 120 W/mK 以上、抗折強度 35 kg/mm^2 以上、 150°C 空気中における体積抵抗率 $1 \times 10^{13}\text{ }\Omega \cdot \text{cm}$ 以上の窒化アルミニウム焼結体が好適であり、その製造法については特願平9-121995号明細書の実施例に詳記されている。

【0008】回路、放熱板及びベース板の材質については、電気伝導性、熱伝導性を考慮すると銅又は銅合金が最適である。熱応力に対する耐久性を重んじる場合は、アルミニウム又はアルミニウム合金が用いられる。更には、銅-第三金属-アルミニウムクラッド箔を用いることもでき、それによって銅の電気伝導性とアルミニウムの耐久性の両方を備えたものにすることがとなる。クラッド箔における第三金属の具体例は、ニッケル、チタン、クロム、ジルコニウム等である。

【0009】回路、放熱板及びベース板に用いられる上記金属は、その表面にニッケルメッキが施されたものであってもよい。特に後述のように、放熱板とベース板、放熱板とヒートシンクを接合する際にその接合層に Al 成分と Ni 成分を含む合金層を存在させたり、また銅-ニッケル-アルミニウムクラッド構造の回路や、放熱板をセラミックス基板に形成させる場合には、金属のいずれか一方又は両方にはニッケルメッキが施されていることが好ましい。ニッケルメッキの厚みとしては、 $3 \sim 20\text{ }\mu\text{m}$ 程度である。

【0010】回路の厚みは、 $0.1 \sim 0.5\text{ mm}$ であることが望ましい。厚みが薄すぎると電流容量が小さくなつて、回路の能力が制限され、また厚みが厚すぎると熱膨張差による熱応力がセラミックス基板に大きくかかるので回路基板の耐久性が低下する。

【0011】放熱板の厚みは、 $0.1 \sim 1.0\text{ mm}$ であることが望ましい。厚みが薄すぎると、回路基板とベース板又はヒートシンクとの間の緩衝効果が小さくなり、また厚みが厚すぎると、セラミックス基板に多大な熱応力を与えることになるので回路基板の耐久性が低下する。

【0012】更には、ベース板の厚みは、 5 mm 以下であることが望ましい。厚みが薄すぎるとヒートサイクルに対する熱衝撃を緩和することができず、またろう材の金属成分が放熱板に拡散し熱伝導特性が変化する。また、厚みが厚すぎると重くなり、取り扱いにくいものとなる。このようなベース板は、本発明においては、必ずしも必要ではなく、回路基板の放熱板にヒートシンクを直接接合することもできる。ベース板を介してヒートシンクを放熱板に取り付けることによって、ヒートサイクルに対する熱衝撃を著しく緩和することができ、耐久性が一段と向上するという利点がある。

【0013】回路及び放熱板をセラミックス基板に形成(回路基板の作製)する方法としては、セラミックス基

板と金属板との接合体をエッチングする方法、金属板から打ち抜かれた回路又は放熱板のパターンをセラミックス基板に接合する方法等によって行うことができる。

【0014】金属板又はパターンの接合は、活性金属成分を含むろう材によるろう付け法、有機接着剤による接合法、DBC 法等によって行うことができる。パワーモジュール用にはセラミックス基板が窒化アルミニウム基板で、金属は銅が適しているので、その場合は活性金属成分を含むろう材によるろう付け法が用いられる。

【0015】活性金属成分を含むろう材の金属成分は、銀と銅を主成分とし、溶融時のセラミックス基板との濡れ性を確保するために活性金属を副成分とする。活性金属成分の具体例をあげれば、チタン、ジルコニウム、ハフニウム、ニオブ、タンタル、バナジウム及びそれらの化合物である。これらの割合としては、銀 $70 \sim 100$ 重量部と銅 $30 \sim 0$ 重量部の合計量 100 重量部あたり活性金属 $3 \sim 35$ 重量部である。

【0016】アルミニウム又はその合金からなる金属板又はパターンをセラミックス基板に接合する場合は、ろう材の成分は Al と Si を主成分とし、溶融時のセラミックス基板との濡れ性を確保するために銅及び活性金属を副成分とする。これらの割合は、アルミニウム $70 \sim 95$ 重量部、シリコン $30 \sim 5$ 重量部及び銅 $1 \sim 5$ 重量部の合計量 100 重量部あたり、活性金属 $1 \sim 35$ 重量部である。

【0017】ろう材の金属成分は、通常、金属成分に有機溶剤と必要に応じて有機結合剤を加え、ロール、ニーダ、万能混合機、らいかい機等で混合し、ペーストを調製して使用される。有機溶剤としては、メチルセルソルブ、テルピネオール、イソホロン、トルエン等、また有機結合材としては、エチルセルロース、メチルセルロース、ポリメタクリレート等が用いられる。

【0018】ヒートシンクの材質は、銅又は銅合金、アルミニウム又はアルミニウム合金、銅-第三金属-アルミニウムのクラッドであるが、アルミニウムが一般的である。ヒートシンクと放熱板又はベース板とを、Al 成分と Ni 成分を含む合金層の存在する接合層を介して接合する場合には、ニッケルメッキの施されたヒートシンクが使用されることもある。

【0019】ヒートシンクの形状は、ベース板よりも広い面積を持ち、厚みが 10 mm 以上の直方体形状ないしはフイン形状が使用される。

【0020】ヒートシンクを回路基板の放熱板に取り付ける場合は、Al 成分と Ni 成分を含む合金層を存在させた接合層を介して行われるが、ヒートシンクをベース板に取り付ける場合には、この接合層を介在させる方法の他に、ネジ止め等の物理的手段によって行うものである。

【0021】回路基板とベース板とヒートシンク、又は回路基板とヒートシンクとを一体化し、本発明のヒート

シンク付き回路基板を製作するには、それらの一つ一つを接合する方法、任意の2以上部材を予め接合しておきそれを接合する方法、回路基板作製時の熱源を利用して、回路基板の作製と同時に全ての部材又は一部の部材を一体化する方法が採用される。

【0022】本発明の特徴の一つは、これらの部材の接合において、ヒートシンクと回路基板の放熱板とを、又はヒートシンクとベース板とを、A1成分とNi成分を含む合金層の存在する接合層を介して接合されていることである。これによって、従来のPb-Sn共晶半田による半田付け法よりも、高い信頼性を有するヒートシンク付き回路基板となる。

【0023】このような接合層を介在させて接合するには、いずれか一方又は両方の金属部材にニッケルメッキを施し、それらを直接接触配置し、加熱処理することによって行うことができる。熱処理は、 1×10^{-4} Torr程度の真空中で行われ、その加熱炉は赤外線式加熱炉等のように急速な昇温が可能で微妙な温度コントロールができるものが望ましい。加熱は、アルミニウムとニッケルの共晶点近くまで上昇させ、アルミニウムとニッケルの界面をわずかに溶融させた後、1°C/分以上の速度で冷却する。具体的には、温度620~630°Cで3~10分間の保持を行ってから1°C/分以上の速度で冷却する。

【0024】上記は、A1成分とNi成分を含む合金層の存在する接合層を、いずれか一方又は両方の金属にニッケルメッキを施したもの用いて形成させる方法を説明したが、本発明においては、ニッケルメッキのかわりにニッケル成分を0.1~1.2重量%程度を含むアルミニウムなどの金属を用いても生成させることができる。

【0025】

【実施例】以下、本発明を実施例をあげて具体的に説明する。

【0026】セラミックス基板の製造

窒化アルミニウム粉末96部（重量部以下同じ）、イットリア粉末4部をボールミルにて30分予備混合し、オレイン酸1部を加え更に30分混合した。この混合物に、メチルセルロースを8部加え、高速ミキサーにて1分間混合した後、グリセリン3部と水12部の混合溶液をミキサーを攪拌させながら加え、2分間混合して造粒物を得た。この造粒物をロールにて混練した後、真空脱気を行いながら押出成形機に投入し、グリーンシート形状に押し出した。次いで、これを5.8mm×4.5mm×0.635mmの大きさに打ち抜き、80°C×20分乾燥後、空気中500°Cで1時間加熱して結合剤を除去した後、還元雰囲気下、1900°Cにて1時間保持する条件で常圧焼結を行って、窒化アルミニウム基板を製造した。

【0027】回路基板Aの作製

銀粉末75部、銅粉末25部、ジルコニア粉末15部、テルピネオール15部、及び有機結合剤としてポリイソブチルメタアクリレートのトルエン溶液を固形分で1重量部加え、混練してろう材ペーストを調整した。このろう材ペーストを上記で製造された窒化アルミニウム基板の両面に塗布した。その際の塗布量（乾燥後）は6~8mg/cm²とした。

【0028】次に、ろう材ペーストの塗布面に銅板（厚み0.3mm）を接触配置してから、真空中度 1×10^{-5} Torr以下の高真空中、温度900°Cで30分加熱した後、2°C/分の降温速度で冷却して接合体を製造した。

【0029】この接合体の銅板上にUV硬化タイプのエッチングレジストをスクリーン印刷により塗布した後、塩化第2銅溶液を用いてエッチング処理を行って銅板不要部分を溶解除去し、更にエッチングレジストを5%苛性ソーダ溶液で剥離して、片面に銅回路パターンを、またその反対面にはベタ銅パターン（5.7mm×4.4mm、コーナーR2mm）を形成した。この銅回路パターン間に、残留不要ろう材や活性金属成分と窒化アルミニウム基板との反応物があるので、それを温度60°C、10%フッ化アンモニウム溶液に10分間浸漬して除去した。次いで、ニッケルメッキ（厚み5μm）を施して回路基板Aを作製した。

【0030】回路基板Bの作製

アルミニウム粉末86部、シリコン粉末10部、銅粉末4部及び水素化チタニウム粉末15部からなる混合粉末100部にテルピネオール15部とポリイソブチルメタアクリレートのトルエン溶液を加え、混練してろう材ペーストを調製し、それを上記で製造された窒化アルミニウム基板の両面に塗布した。その際の塗布量（乾燥後）は3.0mg/cm²とした。

【0031】次に、ろう材ペーストの塗布面にアルミニウム板（純度99.5%、厚み0.5mm）を接触配置し、真空中度 1×10^{-5} Torr以下の高真空中、温度640°Cで30分加熱した後、2°C/分の降温速度で冷却して接合体を製造した。

【0032】次いで、この接合体のアルミニウム板上にUV硬化タイプのエッチングレジストをスクリーン印刷により塗布した後、塩化第2銅溶液を用いてエッチング処理を行って、アルミニウム板不要部分とアルミニウム回路間に存在する不要ろう材等を溶解除去し、更にエッチングレジストを5%苛性ソーダ溶液で剥離して、片面にアルミニウム回路、反対面にはベタアルミニウムパターン（5.7mm×4.4mm、コーナーR2mm）を有する回路基板Bを作製した。

【0033】回路基板Cの作製

回路基板Bの作製過程で製造された接合体（窒化アルミニウム基板の両面にアルミニウム板が接合された接合体）の両面に、ニッケルメッキ（厚み5μm）の施され

た厚さ0.3mmの銅板を接触配置し、赤外線加熱方式の接合炉で、真空中度0.1Torr以下の高真空中、630°C×5分の条件で接合を行った。得られた接合体を回路基板Bの作製と同様にしてエッチングし、窒化アルミニウム基板の一方の面にアルミニウムニッケルー銅クラッド箔からなる回路、他方の面に同構造のクラッド箔からなる放熱板を有する回路基板Cを作製した。

【0034】回路基板Dの作製

回路基板Bの作製過程で製造された接合体（窒化アルミニウム基板の両面にアルミニウム板が接合された接合体）の片面にのみニッケルメッキ（厚み5μm）の施された厚さ0.3mmの銅板を接触配置し、赤外線加熱方

式の接合炉で、真空中度0.1Torr以下の高真空中、630°C×5分の条件で接合を行った。得られた接合体を回路基板Bの作製と同様にしてエッチングし、窒化アルミニウム基板の一方の面にアルミニウムニッケルー銅クラッド箔からなる回路、他方の面にアルミニウム板からなる放熱板を有する回路基板Dを作製した。

【0035】ベース板の接合

表1に示すa～cによって、回路基板の放熱板にベース板を接合した。

10 **【0036】**

【表1】

a	上記で作製された回路基板の放熱板面にニッケルメッキ（厚み5μm）の施されたベース銅板（80mm×70mm×3mm t）を直接接触配置し、赤外線加熱方式の接合炉で、真空中度0.1Torr以下の高真空中、630°C×5分の条件で熱処理して接合した。
b	ニッケルメッキ（厚み5μm）の施されたベース銅板（80mm×70mm×3mm t）を、回路基板の作製時に、その放熱板面に直接接触配置し、上記回路基板の作製条件で熱処理を行い、ベース銅板が一体化された回路基板を作製した。
c	上記で作製された回路基板の放熱板面にニッケルメッキの施されていないベース銅板を半田付けした。

【0037】ヒートシンクの取り付け

表2に示すイ～ホによって、回路基板の放熱板にベース板を介して又は介さずにヒートシンクを取り付けた。

【0038】

【表2】

イ	フィン形状アルミニウム製（純度99.5%、以下同じ）ヒートシンクをベース板にネジ止めした。
ロ	フィン形状アルミニウム製ヒートシンクをベース板付き回路基板のベース板面に直接接触配置し、赤外線加熱方式の接合炉で、真空度0.1 Torr以下の高真空中、630°C×5分の条件で接合した。
ハ	ベース板のない回路基板の放熱板面に、フィン形状アルミニウム製ヒートシンクを直接接触配置したこと以外は、上記ロと同様にして接合した。
二	フィン形状アルミニウム製ヒートシンクを、回路基板の作製時に、回路基板の放熱板面に直接接触配置し、上記回路基板の作製条件で熱処理を行い、ヒートシンクの一体化された回路基板を作製した。
ホ	フィン形状アルミニウム製ヒートシンクを、ベース板が一体化された回路基板の作製時に、ベース板面に直接接触配置し、上記ベース板が一体化された回路基板の作製条件で熱処理を行い、ベース板介在のヒートシンク付き一体化構造の回路基板を作製した。

【0039】実施例1～8 比較例1

回路基板の作製、ベース板の接合及びヒートシンクの取り付けを、表3に示す種々の組合せによってヒートシンク付き回路基板を作製した。

【0040】得られたヒートシンク付き回路基板のヒートサイクル（熱衝撃）試験を行った。ヒートサイクル試験は、気中、-40°C×30分保持後、25°C×10分間放置、更に125°C×30分保持後、25°C×10分間放置を1サイクルとして行い、回路基板10枚のうち少なくとも1枚が銅板剥離や、ヒートシンクとの界面で破壊した等の不良が生じた最初のヒートサイクル回数を測定した。それらの結果を表3に示す。

【0041】また、実施例2、4で得られた回路基板について、回路基板の放熱板とベース銅板との間に生成

した接合層の、また実施例1、5、6の回路基板については、回路基板の放熱板とヒートシンクとの間に生成した接合層の、更には実施例3、7、8の回路基板については、回路基板の放熱板とベース銅板との間に生成した接合層及びベース銅板とヒートシンクとの間に生成した接合層の、それぞれの接合層について、その組成をEPMA（電子線マイクロアナライザー）により測定した。その結果、いずれの接合層も、Al-Ni-Cuを含む合金層が3μm程度、Al-Ni-Siを含む合金層が5μm程度、Al-Niからなる合金層が8μm程度含まれていた。

【0042】

【表3】

		回路基板 の作製	ベース板 の接合	ヒートシンク の取付け	不良が生じた最初の ヒートサイクル回数
実 施 例	1	A	なし	ハ	500
	2	B	a	イ	800
	3	B	a	ホ	1000
	4	B	b	イ	800
	5	C	なし	ハ	1000
	6	C	なし	ニ	1000
	7	D	b	ロ	1000
	8	D	b	ホ	1000
	比較 例	1	A	c	300

【0043】

【発明の効果】本発明によれば、パワーモジュール用電子回路部品として好適な、放熱性と耐ヒートサイクル性

に優れたヒートシンク付き回路基板を提供することができ、パワーモジュールの組立工程を大幅に短縮すること 20 ができる。